

5

10 Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine bei einem Start

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine bei einem Start nach der Gattung des ersten unabhängigen Hauptanspruchs. Ferner be-
15 trifft die Erfindung ein Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine bei einem Start.

Stand der Technik

Zur Reduzierung des Verbrauchs und der Emissionen von Kraftfahrzeugen finden zu-
20 nehmend sogenannte Start-Stopp Verfahren Verbreitung. Bei den derzeitigen Start-Stopp Verfahren erfolgt der Motorstart mittels eines Anlassers bzw. Starters, wie z. B. einem Riemen- oder Kurbelwellen-Starter-Generator oder auch einem üblichen Starter. Typi-
scherweise erfolgt der Start, indem beim Hochdrehen der Brennkraftmaschine durch Ein-
25 spritzen von Kraftstoff und nachfolgender Zündung ein Drehmoment der Brennkraftma- schine erzeugt wird, wobei bei ausreichender Drehzahl der Brennkraftmaschine der Star-
ter wieder ausgerückt wird.

Aus der EP 0 903 492 A2 ist ein Verfahren zur Ansteuerung eines Starter-Generators be-
kannt, bei dem das vom Starter abgegebene Drehmoment in Abhängigkeit der Startfähig-
30 keit der Brennkraftmaschine angepasst wird, wobei die Startfähigkeit beispielsweise durch eine Temperatur der Batterie beeinflusst wird.

Aus der EP 1 036 928 A2 ist eine Startvorrichtung bekannt, bei der beim Abstellen der
Brennkraftmaschine zumindest ein in Kompression gehender Zylinder identifiziert wird,
35 und bei Vorliegen einer Startanfrage wird in diesen Zylinder Kraftstoff eingespritzt wird.

Aus der EP 1 270 933 A1 ist ein Verfahren zur Kontrolle der Drehmomentabgabe eines Anlassers während des Anlassvorgangs einer mit dem Anlasser gekoppelten Brennkraftmaschine bekannt, wobei in Abhängigkeit von wenigstens einem Motorbetriebsparameter zwischen einer reinen Steuerung auf eine auf die Drehzahl rückgekoppelte Regelung umgeschaltet wird. Hierzu wird während des Anlassens die Drehzahl kontrolliert und beispielsweise ab Erreichen einer bestimmten Drehzahl von der Steuerung auf die Regelung umgeschaltet.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass ein Erfassungsmittel vor dem Start der Brennkraftmaschine die Position eines Kolbens eines zuerst in Kompression oder in eine Saugphase gehenden Zylinders ermittelt und dass ein Berechnungsmittel vor dem Start der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von dieser Kolbenposition ein Starterdrehmoment vorgibt.

Ebenfalls von Vorteil ist das entsprechende erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des entsprechenden unabhängigen Anspruchs.

Durch das erfindungsgemäße Vorgehen kann bereits vor dem Start der Brennkraftmaschine, also noch bevor die Kurbelwelle in Bewegung versetzt wird, in vorteilhafter Weise ein Starterdrehmoment unter Berücksichtigung der Kolbenposition eines relevanten Zylinders vorgegeben werden, um so ein optimalen Start zu ermöglichen.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserung der im unabhängigen Anspruch angegebenen Vorrichtung bzw. des angegebenen Verfahrens möglich.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Berechnungsmittel in Abhängigkeit von der Kolbenposition einen zeitlichen Verlauf des Starterdrehmoments vorgibt. Ausgehend von einer bekannten Kolbenposition lassen sich die bei einem Start nachfolgenden Kolbenpositionen aller Zylinder ohne Weiteres bestimmen. In vorteilhafter Weise ist es nun vorgesehen, das Starterdrehmoment zeitlich bzw. bezogen auf einen Kurbelwellenwinkel entsprechend der zu erwarteten Kolbenpositionen anzupassen.

Weiterhin ist es von Vorteil, wenn das Berechnungsmittel in Abhängigkeit von dem vorgegebenen zeitlichen Verlauf des Starterdrehmoments einen zeitlichen Verlauf eines Verbrennungsdrehmoments festlegt. Da bereits vor dem Start der Brennkraftmaschine sowohl die Kolbenposition als auch der zeitliche Verlauf des Starterdrehmoments bekannt bzw. vorgegeben sind, kann in vorteilhafter Weise das Verbrennungsdrehmoment so festgelegt werden, dass der Start in einer bevorzugten Weise erfolgt.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Berechnungsmittel vor einem Start der Brennkraftmaschine der Brennkraftmaschine Starter- und Verbrennungsdrehmomente für einen bevorzugten Motorhochlauf festlegt, und ein Kontrollmittel nach einem Beginn des Starts der Brennkraftmaschine den Motorhochlauf überwacht und bei Abweichungen vom bevorzugten Motorhochlauf Starter- und/oder Verbrennungsdrehmomente zur Einhaltung des bevorzugten Motorhochlaufs anpasst. So kann in vorteilhafter Weise bereits vor dem Start ein bevorzugter Motorhochlauf festgelegt werden, um einen optimalen Start durchzuführen. Bspw. könnte ein bevorzugter Motorhochlauf einen Kalt- oder Heißstart berücksichtigen oder dergestalt sein, dass Selbstentzündungen des Kraftstoffs vermieden werden.

Weiterhin ist es von Vorteil, wenn das Verbrennungsdrehmoment vorzugsweise durch Zündungsparameter und/oder Einspritzparameter festgelegt wird.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Erfassungsmittel über einen Sensor die absolute Winkellage der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine vor einem Start der Brennkraftmaschine erfasst. Dies hat den Vorteil, dass eine Synchronisation mit der Kurbelwelle bereits vor dem Start der Brennkraftmaschine erfolgen kann, um somit eine Vielzahl von Größen, Steuergrößen, Einstellungen etc. früh angepasst werden können.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Berechnungsmittel das Starterdrehmoment so vorgibt, dass sich ein in den Zylinder eingebrachter Kraftstoff homogen verteilt. Das vorgegebene Starterdrehmoment hat einen unmittelbaren Einfluss auf die Drehzahl des Starters und der angetriebenen Kurbelwelle und somit auch auf die Kolbengeschwindigkeit. Über die Kolbengeschwindigkeit lassen sich beispielsweise zylinderindividuelle Brennraumdruckgradienten und spezifische Strömungsverhältnisse im

Brennraum beeinflussen, die so eingestellt werden können, dass sich vorzugsweise ein homogenes Kraftstoffgemisch einstellt.

5 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Berechnungsmittel das Starterdrehmoment so vorgibt, dass eine Selbstentzündung des in den Zylinder eingebrachten Kraftstoffs verhindert wird. Durch gezielte Beeinflussung des Brennraumdrucks bzw. des Brennraumdruckgradienten über das Starterdrehmoment, ist es in vorteilhafter Weise möglich bestimmte Druckverläufe, die eine Selbstentzündung des Kraftstoffs begünstigen, zu vermeiden.

10

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Berechnungsmittel das Starterdrehmoment so vorgibt, dass während ein Kolben eines Zylinders in der Kompressionsphase einen oberen Totpunkt durchschreitet das Starterdrehmoment ein lokales Maximum aufweist. Insbesondere zum Ende der Kompressionsphase im Bereich des oberen Totpunkts steigt der Druck im Brennraum stark an und wirkt über das aufgebaute Gasfedermoment dem Starterdrehmoment entgegen. Erfindungsgemäß ist es nun in vorteilhafter Weise vorgesehen, diesem Gasfedermoment durch Erhöhen des Starterdrehmoments entgegenzuwirken.

15

20 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass ein Berechnungsmittel einen Zeitpunkt oder Kurbelwellenwinkel vorgibt, beim dem der Starter abgeworfen wird. Dies erlaubt ein möglich frühes Abwerfen des Starters, reduziert die mechanische Belastung des Starters und erhöht den Komfort des Startvorgangs durch Verringerung bzw. Verkürzung der Startergeräusche.

25

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das Kontrollmittel eine Drehzahl überwacht und bei Überschreiten einer Mindestdrehzahl den Starter spätestens beim Durchschreiten eines oberen Totpunkts eines Kolbens dessen Zylinder sich in eine Kompressionsphase befindet (Zünd-OT) abwirft. Die Mindestdrehzahl kann hierbei kleiner als eine übliche Startdrehzahl gewählt sein, wenn sichergestellt ist, dass die Brennkraftmaschine im nachfolgenden Arbeitstakt die notwendige Drehzahl selbständig erreicht. Insofern ist dann ein Betrieb des Starters maximal bis zum oberen Totpunkt ausreichend.

30

Schließlich ist es vorteilhaft zum Betreiben der erfindungsgemäßen Vorrichtungen entsprechende Verfahren vorzusehen.

35

Zeichnungen

5 Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Zeichnungen dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in
10 den Zeichnungen.

Es zeigen

Figur 1 schematisch den Ablauf eines Start-Stopp-Betriebes;

Figur 2 schematisch die Überwachung des Motorhochlaufs;

15 Figur 3 schematisch ein erfindungsgemäßes Steuergerät.

Beschreibung

20 Die Erfindung geht von der Überlegung aus, bereits vor dem Starten der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit einer Kolbenposition ein Starterdrehmoment vorzugeben.

Insbesondere ist es hilfreich, bei direkteinspritzenden Brennkraftmaschinen die Kolbenposition des zuerst in Kompression gehenden Zylinders zu ermitteln und bei Brennkraftmaschinen mit Saugrohreinspritzung die Kolbenposition des zuerst in die Saugphase gehenden Zylinders zu ermitteln.
25

Zur Identifikation des Startzylinders kann beispielsweise ein Absolutwinkelsensor eingesetzt werden, der an der Nocken- und/oder Kurbelwelle montiert ist und die momentane Winkellage der Kurbelwellen angibt. Der Absolutwinkelsensor erlaubt es weiterhin, das
30 Steuergerät schneller mit der Brennkraftmaschine zu synchronisieren, als es mit den herkömmlichen Synchronisationsverfahren über Bezugsmarken am Kurbelwellengeberrad und/oder einem Phasengeberrad an der Nockenwelle möglich ist.

Das in Figur 1 schematisch gezeigte Ausführungsbeispiel eines Start-Stopp-Betriebs, zeigt beispielhaft ein mögliches Einsatzfeld bzw. technisches Umfeld der Erfindung.
35

Der beispielhafte Start-Stopp-Betrieb stellt sich wie folgt dar: Im Schritt 10 befindet sich das Steuergerät in einer Vorstart-Phase. Im Start-Stopp-Betrieb bleibt die Zündung (KL1 5) entweder eingeschaltet oder wird in definierten Zeitabständen kurzzeitig bestromt, so dass das Steuergerät regelmäßig an der Versorgungsspannung anliegt. Dadurch wird die sonst notwendige Neusynchronisation des Steuergeräts mit dem Motor beim Start unnötig, und die verschiedenen Betriebsparameter relevanter Motorfunktionen werden regelmäßig aktualisiert. Alternativ kann diese Aufgabe auch nur von einer speziellen Teilfunktion im Steuergerät während der Stopp-Phase übernommen werden, so dass nicht immer das gesamte Steuergerät aktiviert werden muss.

Im Schritt 20 werden dann relevante Betriebsparameter erfasst. Folgende Betriebsparameter kommen als Eingangsgrößen beispielsweise in Frage: Startzylinder, Kolbenposition, Motor-, Motoröl-, Kühlwasser-, Ansaugluft-, Umgebungsluft-, Katalysator- und Kraftstofftemperatur, Kraftstoffrail-, Umgebungsluftdruck, Kraftstoffqualität, Batteriespannung, Ventilsteuerzeiten, -hub, Verdichtungsverhältnis, Gang, Kupplung, Stellung Drosselklappe, Gaspedal-, Bremspedalstellung, Zeit und andere.

Ausgehend von der erfassten oder ermittelten Betriebsparametern wird beispielsweise eine Startstrategie bestimmt anhand dessen Steuergrößen für einen Motorhochlauf festgelegt werden. Eine Startstrategie kann beispielsweise einen Kaltstart oder Heißstart berücksichtigen oder einen Start-Stopp-Betrieb oder darauf ausgerichtet sein einen schnellen Motorhochlauf zu realisieren oder einen Motorhochlauf derart gestalten, dass Selbstentzündungsbetriebszustände vermieden werden.

Insbesondere kann es vorgesehen sein unter Berücksichtigung einer Kolbenposition ein Starterdrehmoment vorzugeben.

Im Schritt 30 wird überprüft, ob die Startstrategie durchgeführt werden kann. Sind Bedingungen für die Startstrategie ungünstig oder nicht erfüllt wird zum Schritt 100 verzweigt, in dem entschieden wird, ob ein in der Zündfolge nachfolgender Zylinder ausgewählt wird - Schritt 100 - oder ob ein alternativer Startvorgang eingeleitet wird - Schritt 120.

Liegen geeignete Bedingungen zur Durchführung der Startstrategie vor, werden im Schritt 40 relevante Steuergrößen ausgelesen.

5 Relevante Steuergrößen sind beispielsweise: Einspritzzeitpunkt, -Winkel, -menge; Zündzeitpunkt, -Winkel; abzugebendes Motormoment; Zeit- oder Winkeldauer der Ansteuerung des Starters; Ventilsteuerzeiten, -hub; Verdichtungsverhältnis; Stellung Drosselklappe, Abgasrückführventil und weitere.

10 Im Schritt 50 werden die Steuergrößen an die jeweiligen Komponenten ausgegeben und im Schritt 60 erfolgt dann der Start der Brennkraftmaschine.

15 Im nachfolgenden Schritt 70 wird vorzugsweise nach einem ersten Arbeitstakt überprüft, ob die Steuergrößen zu einem gemäß Startstrategie vorgegebenen Motorhochlauf geführt haben. Bei Abweichungen werden die Steuergrößen im Schritt 200 so angepasst, dass der gewünschte Motorhochlauf erreicht wird. Im Schritt 50 werden dann die neuen Steuergrößen an die Komponenten ausgegeben. Schritt 60 wird in diesem Zyklus übersprungen und im Schritt 70 erneut überprüft, ob der Motorhochlauf entsprechend der Startstrategie erfolgt. Bei Abweichungen werden ggf. wieder über den Schritt 200 die Steuerwerte angepasst.

20 Insbesondere können in diesen Schritten die Starter- und/oder Verbrennungsdrehmomente für einen bevorzugten Motorhochlauf angepasst werden. Die Anpassung kann hier sowohl durch Adaption der Steuerwerte als auch durch eine Regelung erfolgen.

25 Als Rückfallebene für den Fall, dass der Start nicht erfolgreich war, wird bei der Überprüfung in Schritt 70 in den Schritt 120 verzweigt, in dem dann ein alternativer Startvorgang eingeleitet wird.

30 Bei einem erfolgreichen Start folgt der Schritt 80, in dem die Brennkraftmaschine in den Normalbetrieb gebracht wird.

35 Bei Vorliegen einer Stopp-Anforderung erfolgt je nach Abstellkonzept die Abstellung der Brennkraftmaschine geregelt oder ungeregelt. Mit einer Verzweigung in den Schritt 90 wird eine ungeregelte Motorabstellung eingeleitet, bei der die Kurbelwelle ohne Beeinflussung frei ausläuft. Ist eine geregelte Motorabstellung vorgesehen, wird folgt der

Schritt 190. Eine geregelte Motorabstellung hebt darauf ab, eine Brennkraftmaschine und insbesondere die Kurbelwelle in einen definierten Zustand abzustellen, so dass bei einem nachfolgenden Start eine optimale Kolbenposition im Hinblick auf Startzeit, Verbrauch, Emission, Bordnetzbelastung etc. erreicht wird.

5

Nach der Motorabstellung im Schritt 90 bzw. 190 wird auf den Vorstart-Schritt 10 zurück verwiesen, womit ein neuer Betriebszyklus beginnen kann.

10

Werden im Schritt 30 keine Bedingungen zur Durchführung der Startstrategie vorgefunden, so wird wie beschrieben in den Schritt 100 verzweigt. Vorzugsweise wird versucht, einen Zylinder zu finden, für den die Bedingungen erfüllt sind, also beispielsweise der Zylinder eine geeignete Kolbenposition aufweist. So verzweigt der Schritt 100 in der Regel zunächst zu Schritt 110. Hier wird ein in der Zündfolge nachfolgende Zylinder ausgewählt und in den Schritt 20 verzweigt, so dass die Routine erneut ablaufen kann. Wird im Schritt 30 erneut keine geeignete Bedingung registriert, wird typischer Weise im Schritt 100 die Schleife solange wiederholt, bis alle Zylinder abgefragt sind. Liegt immer noch keine geeignete Bedingung vor, verzweigt der Schritt 100 auf den Schritt 120 und leitet einen alternativen Startvorgang ein.

15

20

Im Schritt 120 wird die vorliegende Startstrategie zunächst abgebrochen. Eine mögliche Startalternative ist, Steuergrößen für einen nicht optimierten Motorhochlauf bereitzuhalten. Diese Steuergrößen können beispielsweise so gewählt sein, dass für die Einspritzung und die Zündung Standardwerte verwendet werden, der Starter kann hingegen mit Steuergrößen für eine bevorzugte Startstrategie, beispielsweise einem Start-Stopp-Betrieb, angesteuert werden. Als weitere Alternative kann es auch vorgesehen sein, einen „klassischen“ Normalstart einzuleiten, bei dem der Starter in herkömmlicher Art betrieben wird. Auch kann es vorgesehen sein, bestimmte Starterdrehmomente vorzugeben.

25

30

Im nachfolgenden Schritt 130 werden die Steuergrößen an die Komponenten ausgegeben, wonach im Schritt 140 der Start erfolgt, wobei dann im Schritt 70 überprüft wird, ob der Start erfolgreich war.

35

Für den Fall, dass die Brennkraftmaschine nicht startet, wird vom Schritt 70 in den Schritt 120 zurückverzweigt und ein erneuter Startversuch unternommen. Nach wiederholtem Startversagen kann es auch vorgesehen sein, geeignete Fehlerreaktionen einzuleiten.

Figur 2 zeigt im Detail die Schritte nach Start der Brennkraftmaschine. Wie bereits unter Figur 1 beschreiben, werden im Schritt 40 Steuerwerte gemäß der Startstrategie ausgelesen und im Schritt 50 an Komponenten 300 der Brennkraftmaschine bzw. dem Starter 700 ausgegeben, wobei dann im Schritt 60 (in Figur 2 nicht gezeigt) ein Start erfolgt. Nach Startbeginn werden im Wesentlichen unabhängig von den übrigen Schritten in einem Schritt 220 Betriebsparameter beispielsweise kontinuierlich oder in bestimmten Zeitabständen eingelesen, so dass ggf. ein zeitlicher Verlauf relevanter Betriebsparameter ermittelt werden kann.

Nach Startbeginn wird im Schritt 70 anhand der im Schritt 220 ermittelten Betriebsparameter überprüft, ob ein Motorhochlauf gemäß der vorgegebenen Startstrategie vorliegt. Weichen die ermittelten Betriebsparameter von den gemäß Startstrategie erwarteten Betriebsparameter ab, werden im Schritt 200 die Steuerwerte so angepasst, dass der gewünschte Motorhochlauf erreicht wird. Die neuen Steuerwerte werden im Schritt 50 an die Komponenten 300 ausgegeben, ggf. abgespeichert und der Erfolg der Anpassungen im Schritt 70 überprüft, und bei erneuten Abweichungen wieder in den Schritt 200 verzweigt.

In Figur 3 ist mit gestrichelter Umrandung eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zur Steuerung einer Brennkraftmaschine 500, Komponenten 300 und einem Starter 700 dargestellt. Die Vorrichtung 1, vorzugsweise ein Steuergerät, umfasst ein Berechnungsmittel 410, ein Erfassungsmittel 420, und im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Kontrollmittel 430 und ein Speichermittel 440.

Das Erfassungsmittel 420, vorzugsweise ein Empfänger, Analog-Digital- Wandler oder ähnliches, erfasst beispielsweise über Sensoren, die vorzugsweise außerhalb der Vorrichtung liegen, Betriebsparameter der Brennkraftmaschine und leitet entsprechende Signale an das Berechnungsmittel 410 und das Kontrollmittel 430 weiter.

Das Berechnungsmittel 410, vorzugsweise ein Mikroprozessor oder allgemein eine Recheneinheit, berechnet oder ermittelt in Abhängigkeit von den erfassten Betriebsparameter eine für einen Start der Brennkraftmaschine geeignete Startstrategie und legt Steuergrößen so fest, dass der Motorhochlauf gemäß der gewünschten Startstrategie erfolgt. Die

Steuergrößen und ggf. die Startstrategie werden an das Kontrollmittel 430 weiter gegeben.

Das Kontrollmittel 430 kann beispielsweise als separate Einheit aufgebaut sein oder auch Teil der Funktionalität des Berechnungsmittels 410 sein. Über das Kontrollmittel 430 und ggf. weitere Funktionsmodule werden Komponenten 300 der Brennkraftmaschine 500 und der Starter 700 mit den festgelegten Steuergrößen angesteuert. Ist keine Kontrolle vorgesehen, können die Steuergrößen auch direkt von dem Berechnungsmittel 410 weiter gegeben werden.

Das Kontrollmittel 430 überwacht anhand erfasster Betriebsparameter, ob der Motorhochlauf beim Start der vorgegebenen Startstrategie entspricht. Weicht der Motorhochlauf bzw. bestimmte Betriebsparameter von den für die Startstrategie erwarteten Parametern ab, passt das Kontrollmittel 430 die Steuergrößen entsprechend an, um einen optimalen Motorhochlauf gemäß gewünschter Startstrategie zu erreichen. Die angepassten bzw. adaptierten Steuergrößen werden in einem Speichermittel 440 abgespeichert, so dass bei einem erneuten Start mit entsprechend Startstrategie bereits angepasste Werte zur Verfügung stehen.

Zur Ausgabe der Steuergrößen gemäß der Startstrategie können die Steuergrößen in einem Speichermittel 440 - beispielsweise in Kennfeldern, -linien, speziellen Wertetabellen, Speichereinheiten eines neuronalen Netzes oder anderen Speichereinheiten - abgelegt sein, und auch adaptiv erlernt werden, so dass stets ein zeit-, Verbrauchs- und emissions-optimierter Start erreicht wird.

Abhängig von den Betriebsparametern wird jeweils die optimale Startstrategie und entsprechende Steuergrößen ermittelt und festgelegt, um optimale Startbedingungen für die Brennkraftmaschine zu erreichen. Treten trotz der vorgewählten Steuergrößen dennoch nicht optimale Betriebszustände ein, beispielsweise Motorvibrationen, werden beispielsweise in einem Start-Stopp Betrieb für den nächsten Start die Steuergrößen so gewählt, dass ein erneutes Auftreten dieser Effekte verhindert wird. Es muss jedoch dann gesichert sein, dass durch die Neuwahl der nun nicht optimal gewählten Vorsteuerungsgrößen, dennoch eine 100%-ige Startzuverlässigkeit erreicht wird, ggf. sind die Vorsteuerungswerte auch anzupassen.

Alternativ kann auch auf Betrieb mit klassischem Starterstart (= längeres Durchdrehen des Starters) umgeschaltet werden. Gleiches gilt nach einem Startabbruch bzw. einem erfolglosen Startversuch während eines Start-Stopp-Betriebes.

5 Sind allgemein die Bedingungen für einen erfolgreichen „Starterunterstützten Direktstart“ beispielsweise nach der Abfrage der Umgebungsbedingungen im Motor vor dem Start für den betreffenden Startzylinder nicht vollständig erfüllt, z.B. im Falle, dass die Kolbenpo-
sition des Startzylinders nicht optimal ist, so kann auch mittels Starterdurchdrehen, der in
10 der Zündfolge nachfolgende Zylinder aus dem Ansaug- in den Kompressionstakt über-
führt und die Startroutine an diesem Zylinder durchgeführt werden.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. Steuergerät mit darin programmierten Mo-
torsteuerungsfunktionen erlaubt es, Einspritz- und Zündimpulse getrennt voneinander und
zu beliebigen Zeitpunkten bzw. Kurbelwellenwinkeln auszugeben. Es erlaubt weiterhin,
15 eine elektrische Maschine, wie zum Beispiel einen Starter oder Starter-Generator, zeitva-
riabel bzw. variabel über den Nocken- bzw. Kurbelwellenwinkel, anzusteuern. Ebenso er-
laubt es, bei Systemen mit variabler Verdichtung bzw. Ventilsteuerung, das Verdich-
tungsverhältnis, bzw. die Phasen- und Hublage der Ein- und Auslassventile während des
Startvorganges zu variieren.

20 Bei Systemen mit variabler Ventilsteuerung kann darüber hinaus durch das Verstellen der
Ventilsteuerzeiten für Einlass- und Auslassnockenwelle entweder der Füllungsgrad in der
Verdichtungsphase bzw. das abgegebene Motormoment gesteuert werden. In der Ver-
dichtungsphase kann z.B. durch ein späteres oder auch früheres Schließen des Einlass-
25 ventils der Füllungsgrad im Kompressionszylinder abhängig von den Umgebungsbedin-
gungen im Motor verändert werden.

Im Hinblick auf eine Regelung des abgegebenen Motormomentes in Bezug auf Vermei-
30 dung von Motorvibrationen beim Start, kann ein Teil der Verbrennungsenergie z.B. durch
ein früheres Öffnen des Auslassventils in den Auslasskanal abgegeben werden, um so das
Motormoment effektiv zu reduzieren. Umgekehrt kann die Steuerzeit der Auslassno-
ckenwelle auch in Richtung: „Auslassventil öffnet spät“ verändert werden, um das
Verbrennungsmoment über einen größeren Kurbelwellen- Winkelbereich ausnutzen zu
35 können.

Eine mögliche Startstrategie kann beispielsweise einen speziellen Regelungsalgorithmus vorsehen und so z.B. anhand des Verdichtungsverhältnisses und/oder der Ventilsteuerzeiten, der im Zylinder eingeschlossenen Luftmasse und der Starterdrehzahl, der Temperaturverlauf während der Verdichtungsphase vorhersagen oder simulieren. Danach können die Ausgangsgrößen des Regelalgorithmus bzw. die Steuerwerte so gestellt werden, dass eine für die Selbstentzündung kritische Temperatur nicht überschritten wird.

Bei Systemen mit variabler Verdichtung kann zusätzlich während des Verdichtungs- und Verbrennungsvorganges das Verdichtungsverhältnis variiert werden, um so die Verdichtungstemperatur und den Verdichtungsdruck zu steuern. Erkennt man, z.B. anhand eines Temperatur- oder Brennraumdrucksensors, dass die Verdichtungstemperatur bzw. der Verdichtungsdruck zu hoch ist, wird die Verdichtung des Motors verringert (=Expansion des Zylinders zu größerem Hubraum). Ist umgekehrt die Verdichtungstemperatur bzw. der Verdichtungsdruck für eine optimale Gemischaufbereitung zu niedrig, wird das Verdichtungsverhältnis des Motors erhöht.

Beim erfindungsgemäßen Vorgehen, wird das Problem der Selbstentzündung bei hohen Motortemperaturen durch gezielte Abstimmung von Kompression, Einspritzung und Zündung verhindert. Durch gemeinsame Optimierung von Starteransteuerung und Verbrennung, bietet diese Startvariante zusätzlich ein großes Potenzial zur Startzeitverkürzung.

Das erfindungsgemäße Vorgehen erlaubt es, die Startstrategie bzw. den Motorhochlauf im Wesentlichen auf zwei Prinzipien zu stützen: Einer leistungsoptimierten und dementsprechend drehmomentenoptimierten Ansteuerung eines Starters, als startunterstützende bzw. -vorbereitende Maßnahme, und einer optimalen Steuerung bzw. Regelung der ersten Verbrennungen bis zum Erreichen der Soll-Leerlaufdrehzahl.

Die vorgeschaltete Ansteuerung eines Starters 700 als startunterstützende Maßnahme erfolgt in der Weise, dass im ersten OT-Durchgang ein Drehzahloptimum von der Starterdrehzahl für die darauffolgende Verbrennung erreicht wird. Dies kann zum einem bedeuten, dass der Starter 700 abhängig von der Kolbenposition im Kompressionstakt beim Start derart leistungsgesteuert wird, dass im OT-Durchgang z.B. die größtmögliche Motordrehzahl (=kinetische Energie bzw. Drehmoment) erreicht wird.

Zum anderen kann die Ansteuerung des Starters jedoch auch derart erfolgen, dass während der Kompressionsphase anhand der Starterdrehzahl ein Optimum in der Gemisch-
aufbereitungszeit für die darauffolgende Verbrennung geschaffen wird. Soll heißen, dass
z.B. abhängig von der Kraftstoffqualität, der Motor-, Kühlwasser-, Öltemperatur; Ver-
dichtung des Motors, etc., die Starterdrehzahl bzw. die daraus resultierenden Kolbenge-
schwindigkeit, derart gesteuert wird, dass sich in der Kompressionsphase im Zylinder ein
möglichst homogenes Kraftstoff-Luft-Gemisch ausbildet, welches anschließend gezündet
wird.

Durch gezielte Überwachung der Brennraumtemperatur mittels beispielsweise eines
Temperatursensors oder auch eines Druckverlaufs eines Brennraumdrucksensors, kann so
z.B. auch die Verdichtungstemperatur unterhalb der für eine Selbstentzündung kritischen
Temperatur gehalten werden, indem gezielt Wandwärmeverluste an die Zylinderwand
während der Verdichtung zugelassen werden.

In beiden Varianten liefert der Starter also ein Anfangs-Drehmoment, zu welchem sich
anschließend das durch die erste Verbrennung erzeugte Verbrennungsmoment zu einem
Gesamt-Motormoment addiert. Hieraus resultiert letztendlich der Drehzahlanstieg beim
Motorhochlauf. Der Starter wird zusätzlich, abhängig von der Startposition, nur solange
entweder winkel- oder zeitbasiert angesteuert, wie es notwendig ist, um beim Überstrei-
chen des OT die vordefinierte Drehzahl sicherzustellen. D.h. der Starter wird aktiv so
früh als möglich wieder abgeworfen, um unnötige Bordnetzbelastungen bzw. auch Start-
geräusche zu vermeiden.

Durch dieses Zusammenspiel von optimiertem Starter- und Verbrennungsmoment, wie
auch optimaler Starteransteuerung, wird eine sehr kurze Startzeit erreicht, was dieses Sys-
tem sowohl für ein Start-Stopp-System, als auch allgemein zum schnelleren Starten eines
Motors besonders attraktiv macht und gleichzeitig ein deutliches Plus an Komfort dar-
stellt.

Durch die Beeinflussung des Starterdrehmoments beim Start und auch während des Mo-
torhochlaufs ist es möglich, insbesondere die Kolbengeschwindigkeit und -
geschwindigkeitsgradienten zu steuern, wodurch sich eine Vielzahl von Einflussmöglich-
keiten ergeben.

Wie beschrieben ist es so möglich ein gute Gemischaufbereitung im Hinblick auf einen vorteilhaften Lambdawert während der Kompressions- oder Ansaugphase zu erreichen.

5 Durch geeignete Anpassung des Drehmoments ist es möglich, die Belastung des Bordnetzes während des Motorhochlaufs gering zu halten. Insbesondere kann bereits vor einem Start der Brennkraftmaschine die zu erwartende Bordnetzbelastung abgeschätzt und die Leistungsaufnahme des Starters und dementsprechend das Starterdrehmoment so angepasst werden, dass während des Startens und des Motorhochlaufs die Bordnetzspannung einen kritischen Wert bzw. definierten Schwellenwert nicht unterschreitet.

10 Durch Anpassen der Kolbengeschwindigkeit ist es möglich bestimmte Brennraumdrücke, Zylinderwand- oder Brennraumtemperaturen zu erreichen, bzw. deren zeitliche Verläufe zu beeinflussen. Liegt zum Beispiel die Motortemperatur unter einer definierten Temperaturschwelle, beispielsweise beim einem Kaltstart bei tiefen Temperaturen, würde bei einem herkömmlichen Starter mit herkömmlichen Starterdrehzahlen die für eine ge-
15 wünschte Gemischaufbereitung notwendige Brennraumtemperatur nicht erreicht werden, da zuviel Wärme an die Zylinderwände abgeführt wird. Durch ein erfindungsgemäßes Vorgehen ist es jedoch möglich das Drehmoment des Starters, beispielsweise über eine Leistungssteuerung, gezielt so zu erhöhen, dass durch die sich einstellende Kolbengeschwindigkeit die Verdichtung so schnell ist, dass der Wärmeabfluss über die Zylinder-
20 wände sich verringert und der Motor die notwendige Brennraumtemperatur schneller erreicht.

25 Durch die Anpassung des Starterdrehmoments ist es auch möglich, bestimmte Betriebsbedingungen, die eine Selbstentzündung des eingeschlossenen Luft-Kraftstoff-Gemisches auslösen, zu vermeiden. Überschreitet beispielsweise die Motortemperatur eine bestimmte Temperaturschwelle, bei der bei einem herkömmlichen Startverfahren die Gefahr einer Selbstentzündung des Luft-Kraftstoff-Gemisches besteht, erlaubt das erfindungsgemäße Vorgehen den Verdichtungs Vorgang zu verlangsamen, so dass ein Teil der Kompressi-
30 onswärme über die Zylinderwände abgeführt wird, womit ein Überschreiten kritischer Temperaturen und einer Gefahr der Selbstentzündung vermieden werden kann.

Darüber hinaus kann die Temperatur und der Druck im Brennraum über geeignete Sensoren überwacht werden und das Starter- und/oder Verbrennungsdrehmoment bzw. der Mo-

torhochlauf zur Erreichung bestimmter Betriebszustände angepasst, gesteuert oder geregelt werden.

Weiterhin lassen sich bestimmte Polytropenexponenten erreichen.

5

Starterdrehzahl und -drehzahlgradienten können gezielt eingestellt werden und erlauben so, möglichst kurze oder definierte Startzeiten zu erreichen.

Weiterhin ist es denkbar, den Starter nur für definierte Zeit- oder Winkelintervalle anzusteuern.

10

Weiterhin ist es möglich, den Starter nicht nur über einen sogenannten Drehzahlabwurf, sondern auch gezielt zu bestimmten Zeitpunkten oder Winkelpositionen zu deaktivieren.

15

Auch kann es vorgesehen sein, mit Hilfe des Starters das Fahrzeug in Bewegung zu versetzen und ggf. parallel die Brennkraftmaschine zu starten.

Auch kann das Fahrzeug mit Hilfe des Starters abgebremst oder im Sinne einer elektrischen Parkbremse im Stillstand gehalten werden.

20

Weitere Möglichkeiten ergeben sich, wenn zusätzlich zum Starterdrehmoment auch das Verbrennungsdrehmoment beim Start beeinflusst wird.

Als Startzylinder für die erste Verbrennung wird ebenso der Zylinder im Kompressionstakt verwendet, der vor dem Start beispielsweise mittels eines Absolutwinkelsensors an der Kurbelwelle identifiziert wird.

25

Wie beschrieben ist es auch vorgesehen, nicht primär vor oder während der Verdichtungsphase in den Kompressionszylinder, sondern erst nach dem Überstreichen des oberen Totpunkts, also wenn sich der Kolben bereits in der Expansionsphase des Arbeitstaktes befindet, Kraftstoff in den Zylinder einzuspritzen und anschließend das Luft-Kraftstoff-Gemisch zu zünden. Hierdurch lässt sich beispielsweise in vorteilhafter Weise störende Selbstentzündungen in der Kompressionsphase vermeiden.

30

Der Ablauf von Einspritzung und Zündung kann dabei sowohl zeit-, als auch winkelbasiert erfolgen. Dieses Startverfahren kann zusätzlich auch auf den zweiten und weiteren

35

in der Zündfolge folgenden Verbrennungsvorgänge angewandt werden, um einen zeit-, Verbrauchs- und emissionsoptimierten Start realisieren zu können.

D.h., die Startroutine, wie sie in Figur 1 bzw. 2 dargestellt ist, regelt z.B. anhand des
5 Drehzahl-, oder auch Drehzahlgradientenverlaufs der vorhergehenden Verbrennung jeweils die Parameter (Einspritzzeitpunkt, -menge, Zündzeitpunkt) für die nachfolgende Verbrennung, um einen zeit-, Verbrauchs- und emissionsoptimierten Start zu erreichen.

Durch die gezielte Abstimmung des Motormomentes (z.B. geringere eingespritzte Kraftstoffmenge, späterer Zündzeitpunkt) können darüber hinaus auch Motorvibrationen, welche
10 eventuell durch die ersten Verbrennungen (= Vollastverdichtungen bzw. -Verbrennungen) auftreten und sich z.B. störend auf den Fahrzeuginnenraum übertragen können (=Komforteinbuße), minimiert bzw. verhindert werden.

Nicht zuletzt kann dadurch aber auch ein Überschwinger in der Drehzahl über die Soll-Leerlaufdrehzahl, wie er derzeit meist beim Startvorgang eintritt, reduziert werden, so
15 dass der Motor schneller seinen gewünschten Betriebszustand erreicht. Ein schnelles Erreichen des gewünschten Betriebszustandes des Motors ist im Start-Stopp-Betrieb essenziell für ein schnelles Losfahren nach einem z.B. Ampelstopp.

Zusätzlich wirkt sich ein reduzierter Überschwinger in der Drehzahl auch auf das Startgeräusch des Motors aus. Ein „Aufheulen“ des Motors durch eine überhöhte Drehzahl beim
20 Start wird somit wirksam unterdrückt.

Alternativ können die Einspritz- und Zündimpulse abhängig von den oben erwähnten Eingangsgrößen bzw. Betriebsparameter jedoch auch vor oder während der Kompressionsphase, d.h. noch vor Erreichen des oberen Totpunkts, erfolgen. Dabei muss jedoch
25 anhand der Eingangsgrößen (z.B. Motor-, Kühlwasser-, Öl-, Ansauglufttemperatur, etc.) gewährleistet sein, dass eventuelle Selbstentzündungseffekte sicher ausgeschlossen werden können.
30

Dies kann, wie oben beschrieben, z.B. durch gezielte Ansteuerung des Starters erreicht werden, beispielsweise indem man die Verdichtungstemperatur überwacht und durch gezielte Wandwärmeverluste an die Zylinderwand diese unter eine für die Selbstentzündung
35 kritische Temperaturschwelle hält.

Eine weitere Alternative ist, wie beschrieben, eine erhöhte Einspritzmenge (-Anfettung) für die ersten Verbrennungen, da so die in den Zylindern eingeschlossene Luft stärker abgekühlt wird (höhere Verdampfungsenthalpie), und so die Temperatur im Brennraum unter die Selbstentzündungstemperatur gebracht werden kann.

Darüber hinaus ist die Erfindung auch für ein Start-Stopp-System bei Fahrzeugen mit Saugrohreinspritzung (SRE) geeignet und kann hier auch für den Kaltstart angewendet werden. Die Einspritzimpulse müssen hierbei für die einzelnen Zylinder während des Saugtaktes bei geöffneten Einlassventilen oder vorgelagert ins Saugrohr bei noch geschlossenen Einlassventilen erfolgen. Somit kann auch bei diesen Systemen sowohl beim Heißstart, während des z.B. Start-Stopp-Betriebes, wie auch beim Kaltstart die Startzeit deutlich verkürzt und der Motorhochlaufzeit-, Verbrauchs- und emissionsoptimiert gestaltet werden.

Der Starter muss, aufgrund der auf den Saugtakt beschränkten Einspritzmöglichkeiten, in beiden Anwendungen jedoch länger angesteuert werden als bei Systemen mit Direkteinspritzung. Auch hier kann man jedoch ein Optimum der Starteransteuerung finden.

Steht der Kolben des Startzylinders im Saugtakt, z.B. nahe am oberen Totpunkt bei geöffneten Einlassventilen, wird bereits aus diesem Zylinder gestartet. Einspritz- und Zünd-Timing können auch hier frei gewählt werden. Jedoch muss abhängig von den im Motor herrschenden Randbedingungen (wie z.B. Raildruck, Kraftstofftemperatur, etc.) bei der Wahl des Einspritzzeitpunktes darauf geachtet werden, dass bei durchdrehendem Starter die für die im Zylinder angesaugte Luftmasse, z.B. für eine stöchiometrische Verbrennung benötigte Kraftstoffmenge, noch vor dem Schließen der Einlassventile, vollständig in den Zylinder eingespritzt werden kann.

Der Starter muss hierzu, ausgehend von einer Startposition nahe der OT-Lage, um mindestens eine Kurbelwellenumdrehung (360°) angesteuert werden, bis der Startzylinder seinen Verdichtungstakt abgeschlossen hat und sich im Arbeitstakt befindet.

Steht der Zylinder im Saugtakt nahe am unteren Totpunkt (UT) bzw. kurz vor Ende des Saugtaktes (=Einlass schließt), so dass zum einen die Zeit zum Absetzen der notwendigen Kraftstoffmenge vor „Einlass schließt“ nicht ausreichen sollte und auch keine nennens-

werte Turbulenz durch die angesaugte Luft im Zylinder mehr entsteht, wird zum Vorteil einer besseren Gemischaufbereitung auf den in der Zündfolge nachfolgenden Zylinder als Startzylinder ausgewichen. Dieser muss dann zunächst aus seinem Ausstoßtakt in den Saugtakt überführt werden, was eine Ansteuerung des Starters um einen Winkel oder einer Zeit von mehr als einer Kurbelwellenumdrehung ($>360^\circ\text{KW}$) zur Folge hätte.

Im Idealfall, wenn der Startzylinder in einer mittleren Position im Saugtakt ($\text{ca. } 90^\circ\text{KW}$) steht, ergibt sich für die Starteransteuerung ein Winkel bzw. eine Zeit von einer dreiviertel Kurbelwellenumdrehung ($\text{ca. } 270^\circ\text{KW}$). Die Starteransteuerung ist dann nur geringfügig länger als die maximale Ansteuerzeit des Starters von etwa einer halben Kurbelwellenumdrehung ($\text{ca. } 180^\circ\text{KW}$) bei BDE-Systemen mit Einspritzung in den Kompressionstakt. Der Starter wird dabei ebenso wie bei den Systemen mit Direkteinspritzung beschrieben angesteuert, um einen zeit-, Verbrauchs- und emissionsoptimierten Start zu erreichen.

Die Gefahr der Selbstentzündung bei hohen Motortemperaturen ist bei SRE-Start-Stopp-Systemen durch z.B. eine erhöhte Einspritzmenge (Anfettung) während des Saugtaktes bzw. kurz vor Öffnen der Einlassventile (EÖ) zu verhindern. Durch eine vorgelagerte Einspritzung ins Saugrohr kurz vor EÖ oder während des Ansaugtaktes wird die Ansaugluft, die sich während z.B. einer Stopp-Phase im Start-Stopp-Betrieb durch die abgegebene Motorwärme und auch durch starke Sonneneinstrahlung übermäßig erhitzt, aufgrund der Verdampfung des flüssigen Kraftstoffes abgekühlt. Somit wird die Temperatur des Kraftstoff-Luft-Gemisches deutlich abgesenkt und kann bei der anschließenden Verdichtung unter die Temperaturschwelle für Selbstentzündung gehalten werden. Im Start-Stopp-Betrieb würde eine Verschlechterung der Emissionen aufgrund einer erhöhten Einspritzmenge durch den bereits aufgeheizten Katalysator unschädlich gemacht und wäre somit unproblematisch. Es muss jedoch gewährleistet werden, dass während z.B. einer langen Stopp-Phase, die Temperatur im Katalysator nicht unter die Konvertierungstemperatur absinkt.

5

10

Ansprüche

15

1. Vorrichtung (1) zur Steuerung einer Brennkraftmaschine (500) bei einem Start, dadurch gekennzeichnet,
dass ein Erfassungsmittel (420) vor dem Start der Brennkraftmaschine die Position eines Kolbens eines zuerst in Kompression oder in eine Saugphase gehenden Zylinders ermittelt,
dass ein Berechnungsmittel (410) vor dem Start der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von dieser Kolbenposition ein Starterdrehmoment vorgibt.

20

2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Berechnungsmittel (410) in Abhängigkeit von der Kolbenposition einen zeitlichen Verlauf des Starterdrehmoments vorgibt.

25

3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Berechnungsmittel in Abhängigkeit von dem vorgegebenen zeitlichen Verlauf des Starterdrehmoments einen zeitlichen Verlauf eines Verbrennungsdrehmoments festlegt.

30

4. Vorrichtung (1) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Berechnungsmittel vor einem Start der Brennkraftmaschine der Brennkraftmaschine Starter- und Verbrennungsdrehmomente für einen bevorzugten Motorhochlauf festlegt, und ein Kontrollmittel (430) nach einem Beginn des Starts der Brennkraftmaschine den Motorhochlauf überwacht und bei Abweichungen vom bevorzugten Motorhochlauf Starter- und/oder Verbrennungsdrehmomente zur Einhaltung des bevorzugten Motorhochlaufs anpasst.

35

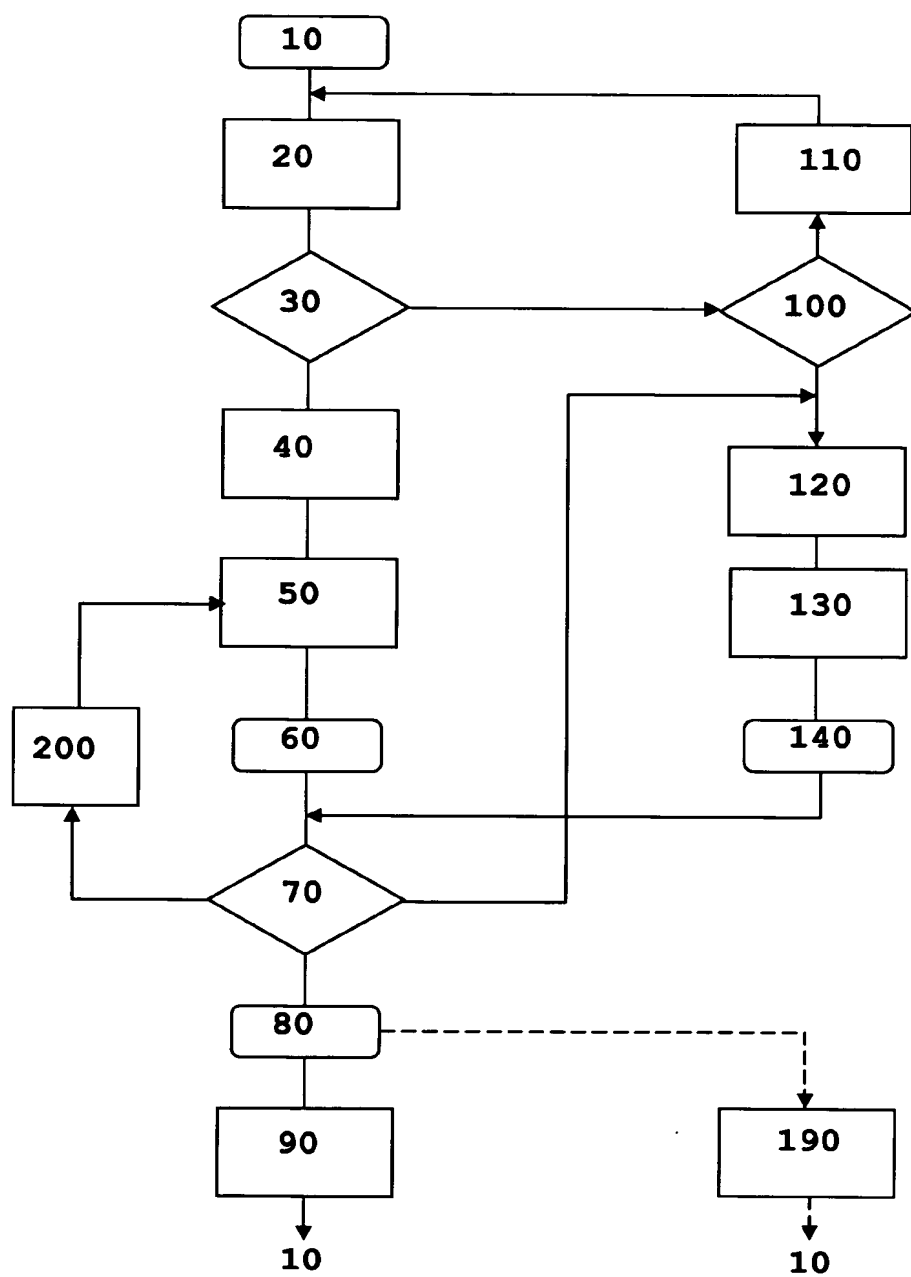
5. Vorrichtung (1) nach mindestens einen der Ansprüche 3 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbrennungsdrehmoment durch Zündungsparameter und/oder Einspritzparameter festgelegt wird.
- 5 6. Vorrichtung (1) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassungsmittel (420) über einen Sensor die absolute Winkel-
kellage der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine vor einem Start der Brennkraftma-
schine erfasst.
- 10 7. Vorrichtung (1) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch ge-
kennzeichnet, dass das Berechnungsmittel (410) das Starterdrehmoment so vorgibt,
dass sich ein in den Zylinder eingebrachter Kraftstoff homogen verteilt.
- 15 8. Vorrichtung (1) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch ge-
kennzeichnet, dass das Berechnungsmittel (410) das Starterdrehmoment so vorgibt,
dass eine Selbstentzündung des in den Zylinder eingebrachten Kraftstoffs verhindert
wird.
- 20 9. Vorrichtung (1) nach mindestens einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekenn-
zeichnet, dass das Berechnungsmittel (410) das Starterdrehmoment so vorgibt, dass
ein Kolben eines Zylinders in der Kompressionsphase einen oberen Totpunkt durch-
schreitet das Starterdrehmoment ein lokales Maximum aufweist.
- 25 10. Vorrichtung (1) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch ge-
kennzeichnet, dass ein Berechnungsmittel (410) einen Zeitpunkt bzw. Kurbelwel-
lenwinkel vorgibt, beim dem der Starter abgeworfen wird.
- 30 11. Vorrichtung (1) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Kontrollmittel
(430) eine Drehzahl überwacht und bei Überschreiten einer Mindestdrehzahl den
Starter spätestens in einem oberen Totpunkt eines Kolbens dessen Zylinder sich in
eine Kompressionsphase befindet abwirft.
- 35 12. Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine bei einem Start, dadurch gekenn-
zeichnet,
dass vor dem Start der Brennkraftmaschine eine Position eines Kolbens eines zuerst

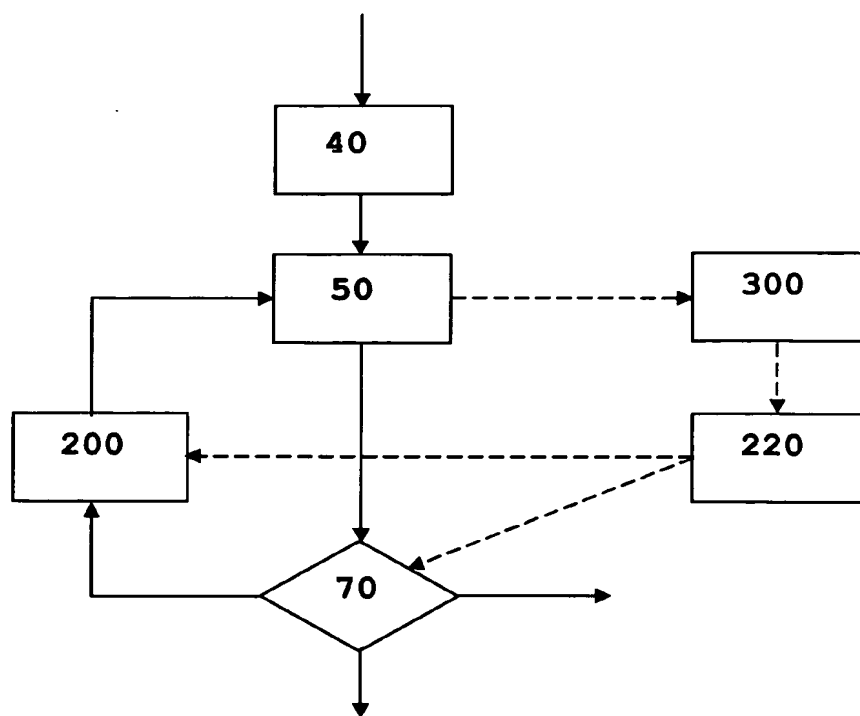
in Kompression oder in eine Saugphase gehenden Zylinders ermittelt wird,
und in Abhängigkeit dessen ein Starterdrehmoment vorgegeben wird.

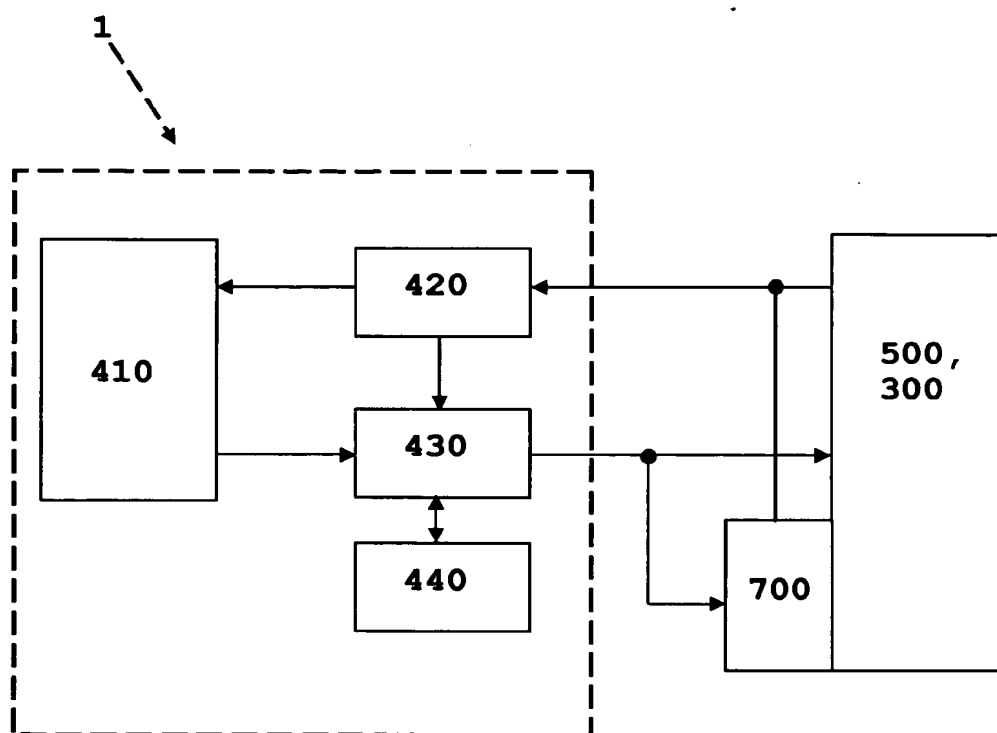
5 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit von der
Kolbenposition ein zeitlicher Verlauf des Starterdrehmoments vorgegeben wird.

10 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit von
dem vorgegebenen zeitlichen Verlauf des Starterdrehmoments Steuergrößen für ei-
nen zeitlichen Verlauf eines Verbrennungsdrehmoments festlegt werden.

15 15. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet,
dass vor einem Start der Brennkraftmaschine Starter- und Verbrennungsdrehmomen-
te für einen bevorzugten Motorhochlauf festgelegt werden,
und dass mit Beginn des Starts der Brennkraftmaschine den Motorhochlauf über-
wacht wird
und dass bei Abweichungen vom bevorzugten Motorhochlauf Starter- und/oder
Verbrennungsdrehmomente zur Erreichung des bevorzugten Motorhochlaufs anpasst
werden.

**Fig. 1**

**Fig. 2**

**Fig. 3**